



КАНАТНЫЕ ТРЕЛЕВОЧНЫЕ УСТАНОВКИ

Екатеринбург
2018

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технологии и оборудования лесопромышленного производства

КАНАТНЫЕ ТРЕЛЕВОЧНЫЕ УСТАНОВКИ

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы обучающихся
по направлению 35.03.02 «Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств»,
профиль «Лесоинженерное дело»

Екатеринбург
2018

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛБидС.
Протокол № 1 от 17 сентября 2017 г.

Авторы: Мартинек Я., Новак Л. (Сельскохозяйственный и лесной университет им. Менделя, Чехия), Мехренцев А.В., Герц Э.Ф. (УГЛТУ).

Рецензент – канд. техн. наук, доцент кафедры ТОЛП Иванов В.В.

Редактор Е.Л. Михайлова
Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева

Подписано в печать 15.05.18		Поз. 50
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 1,39	Цена

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для обучающихся по направлению 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», профиль «Лесоинженерное дело». Целью данной разработки является оказание помощи в самостоятельном изучении конструкции, расчетов и технологии лесосечных работ с применением канатных трелевочных установок. Этот вид грузопереместительного оборудования вынесен для самостоятельного изучения в рамках курса «Технология и оборудование лесосечных работ».

Прежде чем начать самостоятельное изучение канатных трелевочных установок, следует вспомнить некоторые разделы ранее пройденных дисциплин, которые помогут разобраться в приведенных ниже расчетах и лучше усвоить изложенный материал. Речь идет о таких дисциплинах, как «Сопротивление материалов» и «Детали машин». Измерение параметров канатных установок предполагает знание методов определения усилий при натяжении гибкой нити, при расчете стержня на устойчивость. Оценить работоспособность отдельных элементов канатных установок невозможно без знаний методов выбора и проверки на прочность муфт, редукторов, канатов и прочих деталей машин и механизмов.

Трелевка – перемещение деревьев, хлыстов или сортиментов от места валки на верхний склад или погрузочный пункт. Поскольку трелевочные средства перемещаются по обширной территории и работают на одной лесосеке сравнительно короткий отрезок времени, нет необходимости устраивать дороги и трелевку проводят в весьма трудных условиях. Эти условия характеризуются разнообразным естественным рельефом (уклоном местности), состоянием лесных почвогрунтов, наличием или отсутствием снежного покрова, влиянием многочисленных препятствий в виде пней, валежника, валунов и т.д. Такие характеристики мест рубок, как значительные уклоны местности или слабая несущая способность грунтов, полностью исключают использование трелевочных тракторов. Существенным фактором, влияющим на ограничение применения трелевочных тракторов, является экологический фактор. Широкое применение на трелевке тяжелых самоходных машин, их многократные проходы по технологическим коридорам приводят к разрушению почвенного слоя, эрозии, образованию глубокой колеи, повреждению корневой системы растущих деревьев и подроста.

Мировая практика лесозаготовок все чаще обращается к канатным установкам, которые в качестве трелевочных средств в большей степени отвечают экологическим ограничениям. Перспективные разработки в области лесного машиностроения включают в лесозаготовительную систему шагающий харвестер (проект «Plustech») и канатную трелевочную

установку. Причем если прежде использование канатных установок ограничивалось горными условиями или болотистой местностью, то в настоящее время данное трелевочное средство используется и в равнинной местности с целью сохранения почвенного слоя или с целью оптимизации затрат на трелевку древесины. Большим опытом применения и изготовления канатных установок обладают лесные предприятия Чехии.

1. ТИПЫ КАНАТНЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ УСТАНОВОК

Канатная установка состоит из привода, опор, основной и вспомогательной канатоблочной систем, грузовой каретки, грузозахватного приспособления. В качестве привода канатных трелевочных установок используются многобарабанные лебедки с электродвигателем или с двигателем внутреннего сгорания. Основная канатоблочная система содержит грузовой, тяговый и несущий канаты, полиспасты и блоки для подвески канатов. Вспомогательная канатоблочная система состоит из крепёжных оттяжек, талрепов и монтажных полиспастов. Грузовая каретка применяется только в установках с несущим канатом. Опоры канатных трелевочных установок – мачты (головная, тыловая, промежуточная) – в зависимости от их компоновки подразделяются:

- на одномачтовые (беспролетные);
- двухмачтовые (однопролетные);
- многомачтовые (многопролетные).

Для трелевки лесоматериалов при разработке лесосек с большим запасом применяют **стационарные** канатные установки. Для лесосек с небольшим запасом древесины используются **передвижные** канатные установки.

В зависимости от комплектации основной канатоблочной системы установки бывают **без несущего каната** (трелевка волоком или полуволоком) и **с несущим канатом** (трелевка полуволоком или в подвешенном состоянии).

2. УСТРОЙСТВО ТРЕЛЕВОЧНЫХ ЛЕБЕДОК

В качестве энергетического привода канатных трелевочных установок применяют, как правило, лебедки.

Лебедка имеет следующие основные узлы: двигатель, редуктор, барабаны, муфты включения барабанов, тормоза, устройство для управления лебедкой и раму, на которой смонтированы все узлы. Исполнительные механизмы лебедки – барабаны – служат для навивки канатов. При

многорядной навивке применяют барабаны с ребордами; одну из реборд обычно выполняют как ведомую часть муфты включения и одновременно как тормозной шкив. Наибольшее распространение получили фрикционные муфты включения, у которых движение от ведущей части к ведомой передается через трение соприкасающихся поверхностей. Применяют следующие типы фрикционных муфт: конусные, радиально-колодочные, ленточные, ленточно-планетарные, дисковые. Благодаря простоте и надежности наиболее распространены конусные муфты, состоящие из конусов ведущего, закрепленного на зубчатом колесе и покрытого фрикционным материалом, и ведомого, соединенного с барабаном или отлитого вместе с ним. Для включения муфты ее ведущей или ведомой части придают осевое движение при помощи резьбовой нажимной втулки, соединенной с подвижной частью муфты. У лебедок большой грузоподъемности применяют пневматические колодочные и ленточные фрикционные муфты. Принцип работы их следующий. На ведущей части муфты укреплен обойма с кольцевой резиновой камерой и колодки или лента с фрикционной обкладкой. При выключенной муфте колодки или лента пружинами оттянуты к ступице. Для включения муфты сжатый воздух подается в камеру, прижимая колодки или ленту к ведомой части муфты, связанной с барабаном. Воздух к вращающейся муфте подводится специальным устройством. Барабаны лебедок имеют ленточные и колодочные тормоза. Первые, установленные на рабочих барабанах, обычно рассчитаны на полную их грузоподъемность. Колодочными тормозами снабжают барабаны обратного хода, постоянно их притормаживающие для равномерного разматывания каната. Лебедки выпускают с приводом от электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания.

Передаточный механизм лебедки – одно- или двухскоростной редуктор и ряд открытых зубчатых передач. Ведущий вал редуктора приводится в движение от вала двигателя через соединительную муфту или муфту сцепления. Рама лебедки металлическая сварной конструкции. Для удобства перемещения лебедки раму часто выполняют в виде полозьев. Управление муфтами включения и ленточными тормозами барабанов производят с одного места посредством рычагов и тяг или пневматического или гидравлического привода. Приводятся в действие исполнительные механизмы лебедки от электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания (карбюраторного или дизельного).

Технические характеристики лебедок отечественного производства приведены в табл. 1.

Таблица 1

Техническая характеристика лебедок

Показатель	ГИЛМ-4	ЛЛ-8	ЛЛ-12А	ЛЛ-14Д
Тип приводного двигателя	Д-60Р	ЯМЗ-204В	Д37Е-С2	
Мощность двигателя, кВт	44	99,4	37	
Количество барабанов	5	4	2	4
Основной грузовой барабан:				
Наибольшее тяговое усилие, кН	60	67,7	39,2	45
Скорость движения каната, м/с	0,5 – 1,6	0,3 – 0,45	0,5 – 0,68	
Диаметр каната, мм	20	20	12,5	15,5
Канатоемкость, м	350	400	1000	550
Основной возвратный барабан:				
Наибольшее тяговое усилие, кН	20	20,6	36,3	40
Скорость движения каната, м/с	1,8 – 2,7	0,4 – 7,72	–	0,45 – 7,76
Диаметр каната, мм	11	11	–	9,9
Канатоемкость, м	650	800	–	800
Вспомогательный грузовой барабан:				
Наибольшее тяговое усилие, кН	30	62	25	40
Скорость движения каната, м/с	0,67 – 1,53	0,17 – 1,96	0,5 – 0,68	0,5 – 0,68
Диаметр каната, мм	15,5	20	9,9	15
Канатоемкость, м	100	400	250	160
Вспомогательный возвратный барабан:				
Наибольшее тяговое усилие, кН	20	20	–	26
Диаметр каната, мм	11	11	–	9,9
Канатоемкость, м	125	200	–	250
Приставные барабаны:				
Наибольшее тяговое усилие, кН	20	22,5	–	–
Диаметр каната, мм	11	11	–	–
Канатоемкость, м	125	300	–	–
Масса лебедки (без канатов), т	6	4,82	2,6	4,1

3. РАСЧЕТ КАНАТОЕМКОСТИ БАРАБАНА ЛЕБЕДКИ И СКОРОСТИ КАНАТОВ

Канатоемкость барабана лебедки зависит от его назначения, расстояния перемещения груза и может быть определена по формуле

$$L = L_1 + L_2 ,$$

где L , L_1 и L_2 – соответственно канатоемкость барабана, наибольшее расстояние перемещения груза и дополнительная длина каната, м.

Величину L_1 для рабочего барабана принимают по условиям работы лебедки. При определении расстояния перемещения груза следует учитывать влияние таких факторов, как трудозатраты на выполнение подготовительных и вспомогательных работ, строительство усов лесовозных дорог,

лесопогрузочных пунктов (верхних складов) и др. Для трелевки в равнинных условиях L_1 не должно превышать 300 м, в горной местности – 1000 м, при штабелевке и погрузке на лесопогрузочных пунктах (верхних складах) – до 100 м.

Дополнительная длина каната L_a зависит от технологических условий и составляет 20–70 м. Канатоемкость барабана для подачи оборудования к месту прицепки груза должна превышать в 2,1–2,3 раза канатоемкость рабочего барабана.

Канаты навиваются на барабан в несколько рядов. Реборды барабанов делаются высокими. При известных размерах барабана можно определить его канатоемкость, которая равна произведению средней длины витка на общее число витков каната на барабане.

Средняя длина витка l_{cp} определяется

$$l_{cp} = \frac{\pi(D_p - 4d_k + D_{\bar{o}})}{2},$$

где $D_p, D_{\bar{o}}, d_k$ – соответственно диаметр реборды, барабана и каната, м.

Число витков i_z , расположенных по длине барабана в одном ряду, может быть определено: $i_z = i_{\bar{o}} \varphi / d_k$, где $i_{\bar{o}}$ – длина барабана, м; φ – коэффициент плотности укладки витков на барабане ($\varphi = 0,9–0,95$).

Число рядов каната i_v , расположенных по вертикали с учетом запаса в $2d_k$ между краем реборды и верхним рядом навивки, определяется

$$i_v = \frac{(D_p - 4d_k - D_{\bar{o}})}{2d_k}.$$

Общее число витков каната, размещающегося на барабане:

$$i = i_z i_v = \frac{l_{\bar{o}} \varphi (D_p - 4d_k - D_{\bar{o}})}{2d_k^2}.$$

Общая канатоемкость барабана L может быть определена в метрах:

$$L = l_{cp} i = \frac{\pi \varphi l_{\bar{o}} [(D_p - 4d_k)^2 - D_{\bar{o}}^2]}{4d_k^2}.$$

Скорости движения канатов лебедки различны в зависимости от выполняемых ими работ. Например, скорости движения возвратного и вспомогательного канатов значительно выше скоростей рабочего и погрузочного. Так как канат навивается на барабан лебедки в несколько рядов, скорость движения его изменяется.

Для любого ряда витков скорость навивки каната в метрах в секунду определяется:

$$v_i = \pi[D_{\bar{o}} + (2i_n - 1)d_k]n,$$

а наибольшая v_{\max} , получающаяся при навивке каната на последний ряд витков:

$$v_{\max} = \pi(D_p - 5d_k)n,$$

где n – частота вращения барабана, c^{-1} ; i_n – порядковый номер ряда навивки каната на барабан.

Соотношение между скоростями движения каната на верхних и нижних рядах витков значительно. У трелевочных лебедок оно равно 1,5–2.

4. РАСЧЕТ УСИЛИЙ В МАЧТЕ И РАСТЯЖКАХ КАНАТНОЙ УСТАНОВКИ

Усилия в трелевочной мачте и крепящих ее растяжках определяются в соответствии с тяговым усилием лебедки, высотой мачты, числом растяжек и схемой расположения трелевочных канатов.

Расчетная схема для определения усилий в трелевочной мачте и крепящих ее растяжках. Мачта удерживается в вертикальном положении растяжками, расположенными симметрично по отношению к ней. Усилие в ветви грузового каната, направленной в сторону лебедки, принимаем $F_1 = F_{\text{тяг}}$, а в ветви, направленной к трелеваемой пачке, $F_2 = F_{\text{тяг}}\eta_{\text{бл}}$. Усилие в возвратном канате лебедки не учитывается, так как оно мало по сравнению с усилием в грузовом канате.

Усилие в растяжке определится по формуле

$$F_p = \frac{F_{\text{тяг}} \cos \alpha - F_{\text{тяг}} \eta_{\text{бл}} \cos \beta \cos \omega}{\cos \gamma \cos \delta},$$

где F_p – усилие в растяжке, H ; α – угол наклона ветви рабочего каната, идущей от лебедки к вершине мачты; (β – угол наклона ветви рабочего каната, идущей от вершины мачты к трелеваемой пачке; ω – угол между линией, соединяющей лебедку с основанием мачты, и направлением трелевки; δ – угол между линией, соединяющей лебедку с основанием мачты, и проекцией растяжки на горизонтальную плоскость.

Наибольшие значения натяжения растяжки (при четырех растяжках) будет при $\omega = \pi/2$ рад и $\delta = \pi/4$ рад. В этом случае максимальное натяжение растяжки

$$F_{p.\max} = \frac{F_{\text{тяг}} \cos \alpha}{0,7 \cos \gamma}.$$

Диаметр каната выбирается по разрывному усилию $F_{раз} = F_{p.max}k$ по каталогу для стальных канатов. Коэффициент запаса прочности k принимается в зависимости от режима работы каната.

Для определения усилия F_m в мачте используем формулу

$$F_m = F_{тяг} \sin \alpha + F_{тяг} \eta_{бл} \sin \beta + F_p \sin \gamma .$$

Наибольшее усилие в мачте возникает тогда, когда $\beta + \gamma = \pi/2$ рад.

Для расчета и выбора сечения мачт рассмотрим обобщенную схему канатной установки и возможные варианты сечения А-А и В-В конструкции мачт (деревянной, трубчатой, Л-образной, составной, коробчатой), рисунок.

Условия и порядок выполнения расчетов

Стальная или деревянная мачта постоянного сечения сжимается силой N (Гм), направленной вдоль центральной оси. В техническом задании в масштабе показать схему поперечного сечения. На чертеже нанести все необходимые размеры и оси. Трос относительно мачт расположен по оси x или y в зависимости от расположения мачт, если мачты располагаются по оси y то трос направлен по оси x и наоборот. Значения коэффициента уменьшения допускаемого напряжения ϕ берем из таблицы прил. 1 по расчетной гибкости. Допускаемое напряжение для мачт берем из СНиП 11-25-80 и СНиП 11-23-81* для стальной мачты $[\sigma] = 10$ МПа. Исходные данные берем из таблицы прил. 1.

Расчет производим у мачт в сечении I-I с помощью эмпирических формул из табл. 1 прил. 2.

Находим площадь поперечного сечения мачты, см^2 , по формуле

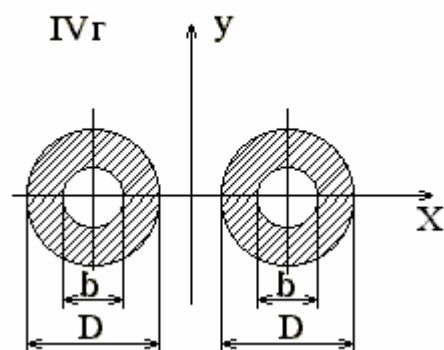
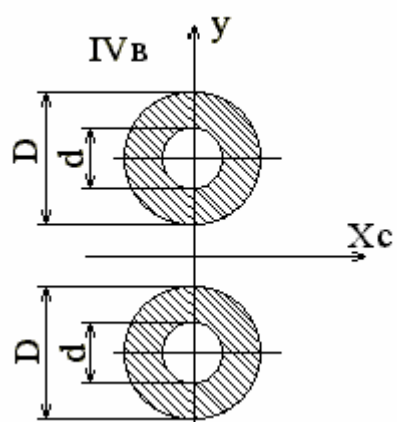
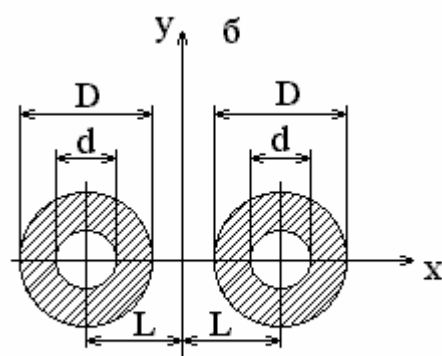
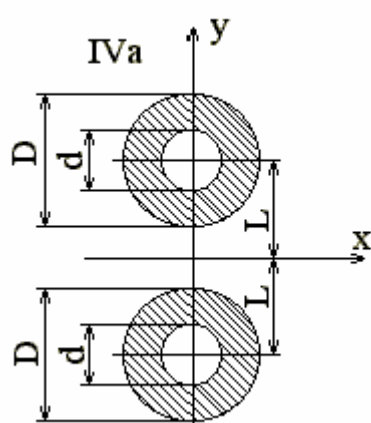
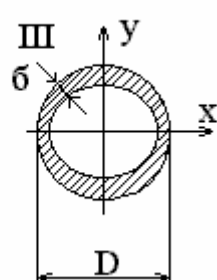
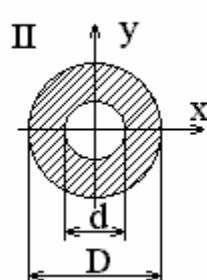
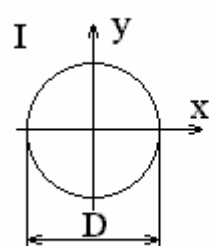
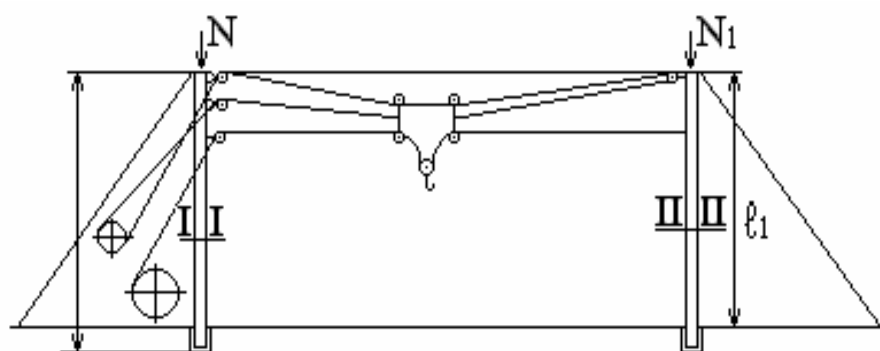
$$A = \frac{N}{\phi[\sigma]} .$$

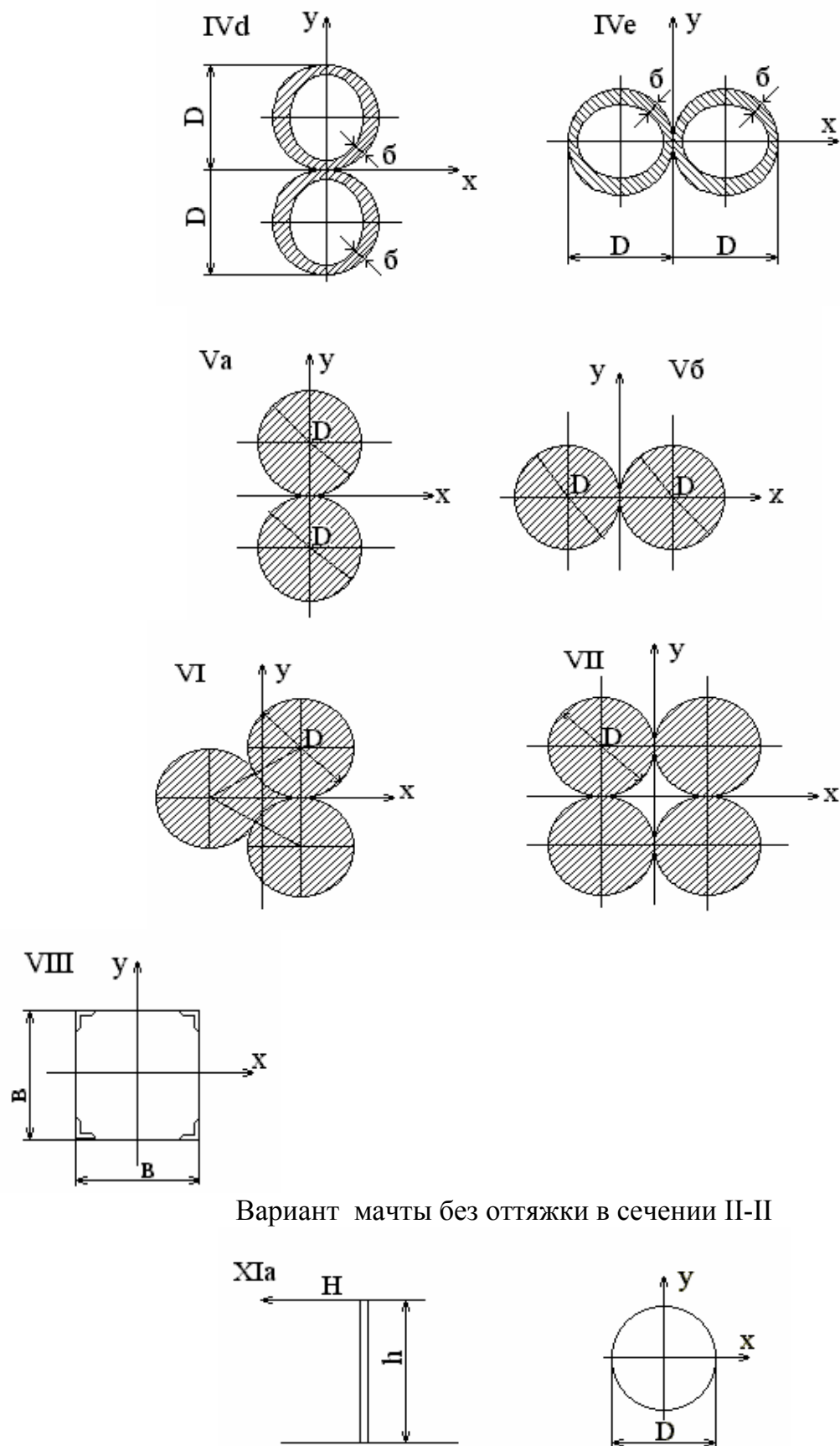
Коэффициент уменьшения допускаемого напряжения находим по формуле $\phi = f\lambda$, $\lambda = \frac{M \ell}{I_{\min}}$,

где M – коэффициент приведения длины стержня (коэффициент Ясинского).

Минимальный радиус инерции находим по формуле

$$I_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}} .$$





Вариант мачты без оттяжки в сечении II-II

Геометрические характеристики поперечных сечений мачт

Осевой момент инерции находим по формуле

$$Ix_1 = Ix_0 + Aa^2.$$

Для мачты в сечении II-II допускаемое напряжение находим по формуле

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} < [\sigma]$$

Момент сопротивления рассчитываем по формуле

$$W_y = W_x = \frac{\pi D^3}{32}.$$

Момент находим по формуле

$$N_1 = N_1 \ell_1.$$

Пример проведения расчетов мачты приведен в прил. 1.

5. РАСЧЕТ ОБЪЕМА ПАЧКИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАНАТНЫХ УСТАНОВОК

Объем пачки, трелюемой канатной установкой, зависит от тягового усилия лебедки и условий трелевки (времени года, способа перемещения пачки и др.).

Объем трелюемой пачки определяется

$$M_n = \frac{m_n(1 - \beta_{кр} - \beta_k)q}{\rho},$$

где M_n – объем трелюемой пачки, м³; $\beta_{кр}$ – доля массы пачки, приходящаяся на крону при трелевке хлыстов или сортиментов, $\beta_{кр} = 0$; β_k – доля массы пачки, приходящаяся на кору; ρ – плотность древесины, т/м³.

Средний объем трелюемой пачки равен:

$$M_{cp} = M_n \varphi_2,$$

где φ_2 – коэффициент использования расчетного объема пачки ($\varphi_2 = 0,75...0,85$).

Производительность канатных установок зависит от их назначения и типа, расстояния трелевки, объема трелюемой пачки, почвенно-грунтовых условий и рельефа, времени года и др. Расчетная производительность в кубометрах в час может быть определена по формуле

$$P_p = \frac{3600}{T_y} M_n \varphi_2,$$

где T_y – время цикла трелевки пачки, с.

Для трелевочно-транспортной канатной установки время цикла трелевки одной пачки определяется:

$$T_y = t_1 + t_2 + t_3 + t_4,$$

где t_1 – время формирования пачки деревьев (хлыстов), с:

$$t_1 = 60a_0 M_n \varphi_2;$$

t_2 – время, затрачиваемое на оттаскивание крюковой обоймы к месту зацепки пачки, перемещение пачки по волоку к несущему канату, с:

$$t_2 = \frac{2l_g}{v_{св}} \quad \text{или} \quad t_2 = \frac{4l_g}{v_{p.g} + v_{x.g}},$$

$v_{p.g}, v_{x.g}$ – скорости движения крюковой обоймы в грузовом и холостом направлениях, м/с; l_g – среднее расстояние подтаскивания заготовленного леса к трассе несущего каната; $v_{св}$ – средняя скорость движения крюковой обоймы в грузовом и холостом направлениях; t_3 – время отцепки пачки на погрузочной площадке, с:

$$t_3 = 60(b_0 + c_0 M_n \varphi_2),$$

где a_0, b_0, c_0 – постоянные коэффициенты; для расчетов можно принимать значения коэффициентов, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициентов в зависимости от объема хлыста

Средний объем хлыста, м ³	a ₀	b ₀	c ₀	Средний объем хлыста, м ³	a ₀	b ₀	c ₀
0,15–0,25	4,1	3,0	0,38	0,51–0,75	3,1	2,7	0,18
0,26–0,50	3,5	2,9	0,24	0,75–1,0	2,3	2,1	0,13

t_4 – время движения пачки по трассе несущего каната и холостого хода каретки, с;

$$t_4 = \frac{2L_{mp}}{v_{cp}} \quad \text{или} \quad t_4 = \frac{4L_p}{v_{c.m} + v_{x.m}},$$

$v_{z.m}$, $v_{x.m}$ – скорости движения каретки по несущему канату в грузовом и холостом направлениях, м/с; L_{mp} – длина пути каретки, м; v_{cp} – средняя скорость движения каретки по несущему канату.

Производительность канатной установки в смену в кубометрах определяется

$$P_{cm} = (T_{cm} - t_p) P_p,$$

где T_{cm} – продолжительность рабочей смены, ч; t_p – регламентированные простои, ч/смена ($t_p = 1,38$ ч/смена).

При работе трелевочно-погрузочных установок погрузка совмещается с трелевкой или выполняется отдельно. В тех случаях, когда эти операции выполняются одновременно, общая производительность установки определяется ее производительностью на трелевке.

В случае раздельного выполнения трелевки и погрузки производительность установки определяется отдельно на трелевке P_m и на погрузке P_n . Общая производительность (на трелевке и погрузке) $P_{общ}$ определится уравнением

$$P_{общ} = \frac{P_m P_n}{P_m + P_n},$$

где P_m и P_n – соответственно производительность на трелевке и на погрузке.

6. КАНАТНЫЕ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫЕ УСТАНОВКИ

Канатные установки предназначены для трелевки и транспортировки леса с лесосеки, расположенной на крутом склоне, до погрузочного пункта. Они представляют собой канатно-блочные системы со стационарным или самоходным приводом и разделяются на подвесные и полуподвесные. Наибольшее распространение получили подвесные канатные установки.

В соответствии с ОСТ 13–81–80 «Установки канатные подвесные для лесозаготовок. Типы и основные параметры» канатные установки делят на три типа в зависимости от характера выполняемой ими работы: трелевочно-транспортные, транспортные и короткодистанционные.

Трелевочно-транспортные установки, оснащенные несущим и тягово-грузоподъемным канатами, обеспечивают подтрелевку древесины к несущему канату с расстояния до 50 м и подвесную транспортировку древесины на расстояние до 1200 м. Наиболее распространены установки УК-1-ЗА, ЛЛ-26А, ЛЛ-26Б, ЛЛ-26Д и ЛЛ-33. Технические характеристики основных типов канатных установок представлены в табл. 3.

Таблица 3

Техническая характеристика канатных установок

Тип	ЛЛ-26А много- пролет- ная ТТС	ЛЛ-27	ЛЛ-29	ЛЛ-25 одно- пролетная ТТС	ЛЛ-24 многопро- летная ТТС	ЛЛ-20 однопро- летная ТТС
		многопролетная ТТС				
Протяженность, трассы, м	До 1200	До 1000	До 1000	До 400	До 1000	До 350
Грузоподъемная сила, кН	32	32	63	32	63	63
Скорость движе- ния каретки, м/с	7–10	До 7	До 7	До 1,2	0,3–0,7	До 3,7
Уклон трассы, град.	До 35	До 35	До 35	—	До 35	—
Диаметр канатов, мм:						
несущего	25–28	25,0	32–39	14–15	20	
грузоподъ- емного	—	10,5	12	—	10,5	
тягового	12	13,0	15,0	—	10,5	
Привод	Лебедка ЛЛ-26	Ле- бедка ЛЛ- 12А	Лебедка ЛЛ-8	Трактор с канатове- дущим направ- ляющим устройством	Трактор Т-40А	Трактор ТТ-4
Сменная произ- водительность, м ³	33–40	40–50	60–70	40–50	18–20	До 75

В европейских странах в настоящее время широкое распространение получили канатные установки LARIX производства Чехии. Работают они и на лесозаготовках в России, причем не только в горных условиях, но и на лесосеках, имеющих лесные почвы со слабой несущей способностью. Наиболее перспективна для российских условий канатная дорога LARIX 550.

Эта установка позволяет проводить трелевку как на склонах, так и на ровном месте. Технологически установка может быть применена для сплошнолесосечных работ и при выборочных рубках (табл. 4).

Таблица 4

Техническая характеристика LARIX 550

1	Длина трассы, м	550
2	Грузоподъемность, т	2
3	Высота мачты в рабочем положении, м	5,4
4	Скорость канатов при 1400 об/мин, м/с	
	рабочий канат	
	рабочее направление	1,4
	холостое направление	3,6
	вспомогательный канат	
	направление к мачте	2,0–2,3
	направление от мачты	4,3–5,0
	подъемный канат	0,6–0,8
	несущий канат	
	при демонтаже	0,3–0,9
	при натяжке	0,7
5	Усилия в канатах, кН	
	несущий канат	39
	рабочий канат	19
	подъемный канат	30
	вспомогательный канат	6
6	Масса канатной дороги, кг	3780

Установка LARIX 550 может быть смонтирована на базе трактора МТЗ-80 и приводится в действие от вала отбора мощности. На раме трактора устанавливается основная опорная мачта, блок барабанов с пневматическими тормозами и магазин канатов. В качестве тыловой мачты используется подходящее дерево. Грузовая каретка, перемещающаяся по несущему канату, обеспечивает транспортировку грузов (хлыстов, сортиментов) как в подвешенном, так и в полуподвешенном состоянии. Управление канатной дорогой производится с помощью радиосигнала дистанционно. Пульт управления находится у рабочего, формирующего транспортный пакет. Установка имеет высокую степень автоматизации.

7. ТРЕЛЕВКА ЛЕСА КАНАТНЫМИ УСТАНОВКАМИ

В зависимости от условий лесозаготовок возможны следующие варианты трелевки леса канатными установками: подтрелевка и спуск леса самой установкой; подтрелевка леса к трассе канатной установки специальными средствами; использование лишь для спуска подтрелеванного леса.

Во всех случаях порядок спуска одинаков: лебедчик, получив сигнал от рабочего отцепщика о том, что каретка подготовлена к отправке на лесосеку, в свою очередь дает предупредительный сигнал и включает

барабан лебедки сначала на низшей передаче, постепенно развивая максимально возможную в данных условиях скорость. У стопора лебедчик снижает скорость движения каретки.

При ударе о стопор грузовой крюк освобождается от защелки (фиксатора) и падает на землю. Если древесину подтрелевывают к канатной установке специальными средствами, прицепщики приступают к прицепке груза, если же подтрелевку леса производят самой установкой, один из прицепщиков отводит грузовой крюк по пасечному волоку к месту прицепки, второй в это время подтягивает тягово-грузоподъемный канат.

Кольцо заблаговременно прикрепленного к полухлысту (сортименту) чокера прицепщик набрасывает на крюк и закрывает его защелкой, затем подает лебедчику сигнал о пуске лебедки в ход. При подтаскивании бревна один из прицепщиков, находясь с нагорной стороны, следит за его движением и при необходимости дает сигнал об остановке лебедки через второго прицепщика, находящегося у телефона.

Определенным положением стопора бревна, предназначенные для подтрелевки, приподнимают и тягово-грузоподъемным канатом вплотную подводят к каретке. При этом происходит освобождение грузового крюка с кареткой, которая отключается от стопора и движется с грузом к погрузочному пункту. Здесь отцепщик рычагом открывает защелку грузового крюка и бревно откатывается в сторону эстакады; на крюк надевают освободившиеся чокеры.

Канатными установками осваивают лесосеки, удаленные от лесовозной дороги или отделенные от нее естественным препятствием. Канатную установку монтируют в направлении вниз по склону от дальнего конца лесосеки до лесовозной дороги. Лебедку устанавливают у лесовозной дороги, обеспечивая тем самым погрузку хлыстов на лесовозный транспорт крупнопакетной установкой, которую монтируют одновременно с канатной установкой. Лесосеку разбивают на пасеки, располагаемые обычно поперек склона. Через каждую пасеку прокладывают тракторные трелевочные волюки. Хлысты формируют в пачки и транспортируют канатной установкой к лесовозной дороге в подвешенном положении. Подтрелевку леса к несущему канату выполняют канатной установкой или другими средствами.

Комплексная бригада, обслуживающая установку, состоит из семи-девяти человек: тракторист, лебедчик, вальщик, помощник вальщика, один-два обрубщика сучьев, один-два прицепщика, отцепщик.

При использовании установок в крупномерных насаждениях в качестве их привода целесообразно применять лебедки ЛЛ-8. Большая мощность двигателя, наличие пятискоростной коробки передач и реверса значительно расширяют эксплуатационные возможности лебедки и позволяют лебедчику выбирать оптимальный режим работы канатной установки

в зависимости от конкретных условий (уклон, нагрузка, скорость движения каретки).

После разбивки лесосеки на прямоугольные пасеки шириной 30 м звено вальщиков (два человека) приступает к работе в первой пасеке. Вальят деревья, начиная от подошвы склона в направлении вниз по склону так, чтобы их вершины ложились параллельно продольной оси пасеки. После валки 10–15 деревьев с них срезают сучья. При переходе звена вальщиков в четвертую пасеку в первой пасеке звено трелевщиков (три человека) приступает к монтажу самоходной канатной установки. Трактор устанавливают у подошвы склона напротив первой пасеки, канатно-блочную оснастку прокладывают посередине пасеки. Закончив монтаж, звено трелевщиков начинает трелевку хлыстов к подошве склона, укладывая их параллельно тупику лесовозной дороги в один или два штабеля вдоль тягово-несущего каната. По окончании работы в первой пасеке трактор, тягово-несущий канат и тыловой блок перемещают в соседнюю пасеку.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

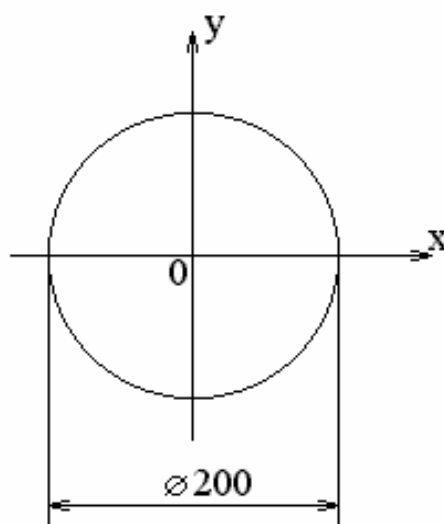
1. Гороховский, К.Ф. Машины и оборудование лесосечных и лесоскладских работ [Текст]: учеб. пособие для вузов / К.Ф. Гороховский, Н.В. Лившиц. - М.: «Экология», 1991. - 528 с.
2. Кочегаров, В.Г. Технология и машины лесосечных работ [Текст]: учебник для вузов / В.Г. Кочегаров, Ю.А. Бит, В.Н. Меньшиков. - М.: Лесн. пром-сть, 1990. - 392 с.
3. Шкиря, Т.М. Технология и машины лесосечных работ [Текст]: Т.М. Шкиря. - Львов: Выща школа, 1988. - 264 с.
4. Смогунов, Н.С. Технология и оборудование лесопромышленных предприятий [Текст]: учеб. пособие / Н.С. Смогунов, Н.Д. Гребенников. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1987. - 265 с.
5. Варданян, Г.С. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности [Текст] / Г.С. Варданян, В.И. Андреев. - М.: Ассоциации строительных вузов. 1995. - 568 с.
6. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции [Текст]. - М.: Минстрой России, 1995. - 96 с.
7. Боровиков, А.М. Справочник по древесине [Текст] / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев. - М., 1998. - 291 с.
8. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции [Текст]. - М.: Стройиздат, 1983. - 31 с.

Пример расчета мачты

Таблица с исходными данными

Номер сечения	Площадь сечения $A, \text{см}^2$	Радиус инерции		Нагрузка $N, \text{кН}$	Длина $\ell, \text{м}$	$D, \text{мм}$	Осевой момент инерции	
		$i_x, \text{см}$	$i_y, \text{см}$				$i_x, \text{см}^4$	$i_y, \text{см}^4$
	$\frac{\pi D^2}{4}$	$\frac{D}{4}$	$\frac{D}{4}$	50	10	20	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^4}{64}$

Сечение мачты I-I



1) По исходным данным необходимо рассчитать диаметр мачты.

Находим площадь поперечного сечения мачты в сечении I-I.

Первоначально $\varphi_1 = 0,5$, методом подбора находим $\varphi_1 = 0,449$.

$$A = \frac{N}{\varphi; [\sigma]} = \frac{50}{0.443 \cdot 16} = 7.05 \text{ см}^2.$$

Находим диаметр через площадь поперечного сечения

$$D = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{7.05 \cdot 4}{3.14}} = 29.9 \approx 30 \text{ см} = 300 \text{ мм}.$$

Находим коэффициент уменьшения допуска самого напряжения φ в табл. 2 прил. 2 по расчетной гибкости

$$\lambda = \frac{M \ell}{i_{\min}} = \frac{1 \cdot 1000}{7.5} = 133.3.$$

Используя линейную интерполяцию, находим $\varphi = 0,408$.

Радиус инерции находим по формуле

$$I_{\min} = I_x = I_y = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}} = \frac{D}{4} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ см.}$$

Осевой момент инерции находим по формуле

$$I_{\min} = I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{3.14 * 30^4}{64} = 39740.6 \text{ см}^4.$$

Второе приближение принимаем

$$\varphi_2 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = \frac{0.443 + 0.408}{2} = 0.425.$$

Находим площадь поперечного сечения

$$A = \frac{50}{0.425 * 16} = 4.35 \text{ см}^2.$$

Диаметр находим по формуле

$$D = \sqrt{\frac{7.35 * 4}{3.14}} = 30.5 \approx 31 \text{ см} = 310 \text{ мм.}$$

Гибкость мачты равна:

$$\lambda = \frac{1 * 1000}{7.5} = 129.03.$$

Интерполируя, получаем $\varphi_2 = 0,430$.

Радиус инерции находим по формуле

$$I_{\min} = I_x = I_y = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}} = \frac{D_1}{4} = \frac{30}{4} = 7.75 \text{ см.}$$

Осевой момент инерции

$$I_{\min} = I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{3.14 * 31^4}{64} = 45310.2 \text{ см}^4.$$

Так как $\varphi_1 > \varphi_2$ по условию устойчивости выполняется, найдем величину погрешности в определении φ во втором приближении:

$$\varphi_2 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{\varphi_2} * 100\% = \frac{0.430 - 0.425}{0.425} * 100\% = 1.1\%.$$

Поскольку погрешность не превышает допустимой величины, то на этом расчет можно закончить. Но если погрешность больше допустимой величины, то подбор необходимо продолжить до тех пор, пока погрешность не будет в допустимом пределе.

В конце расчета убедимся в том, что подборка диаметра правильна:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{50}{7.35} = 6.80 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 68,0 \text{ МПа} < 68.8 \text{ МПа.}$$

Условия устойчивости выполняются.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 1

Формулы для расчета мачт

Номер сечения	Площадь сечения $A, \text{см}^2$	Радиус инерции		Осевой момент инерции	
		$I_x, \text{см}$	$I_y, \text{см}$	$I_x, \text{см}^4$	$I_y, \text{см}^4$
I 1 2	$\frac{\pi D^2}{4}$	$\frac{D}{4}$	$\frac{D}{4}$	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^4}{64}$
II 1 2	$\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$	$\frac{D}{4} \sqrt{1 + \alpha^2}$	$\frac{D}{4} \sqrt{1 + \alpha^2}$	$\frac{\pi D^4}{64} (1 - \alpha^4)$	$\frac{\pi D^4}{64} (1 - \alpha^4)$
III 1 2	$\pi \delta D$	$\frac{D}{2\sqrt{2}}$	$\frac{D}{2\sqrt{2}}$	$\frac{\pi \delta D^3}{8}$	$\frac{\pi \delta D^3}{8}$
IV 1a 1б 1в 1г	$2 \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$	$\sqrt{\frac{J_x}{A}}$	$\sqrt{\frac{\pi(D^4 - d^4)}{16\pi(D^2 - d^2)}}$	$2 \left[\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} + \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} * L^2 \right]$	$2 \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$
	$2 \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$	$\sqrt{\frac{J_x}{A}}$	$\sqrt{\frac{\pi(D^4 - d^4)}{16\pi(D^2 - d^2)}}$	$2 \left[\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} + \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} * L^2 \right]$	$2 \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$
	$2 \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$	$\sqrt{\frac{J_x}{A}}$	$\sqrt{\frac{\pi(D^4 - d^4)}{16\pi(D^2 - d^2)}}$	$2 \left[\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} + \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} * L^2 \right]$	$2 \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$
	$2 \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$	$\sqrt{\frac{J_x}{A}}$	$\sqrt{\frac{\pi(D^4 - d^4)}{16\pi(D^2 - d^2)}}$	$2 \left[\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} + \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} * L^2 \right]$	$2 \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$

Номер сечения	Площадь сечения $A, \text{см}^2$	Радиус инерции		Осевой момент инерции	
		$I_x, \text{см}$	$I_y, \text{см}$	$I_x, \text{см}^4$	$I_y, \text{см}^4$
IV 2 1д	$2\pi\delta D$	$\sqrt{\frac{J_x}{A}}$	$\frac{D}{2\sqrt{2}}$	$2\left[\frac{\pi\delta D^3}{8} + \pi\delta D * \frac{D^2}{4}\right]$	$2\frac{\pi\delta D^3}{8}$
2 1e	$2\pi\delta D$	$\sqrt{\frac{J_x}{A}}$	$\frac{D}{2\sqrt{2}}$	$2\left[\frac{\pi\delta D^3}{8} + \pi\delta D * \frac{D^2}{4}\right]$	$2\frac{\pi\delta D^3}{8}$
V 1 2a	$2\frac{\pi D^2}{4}$	$\sqrt{\frac{2D^2}{16}}$	$\frac{D}{4}$	$5\frac{\pi D^4}{32}$	$\frac{\pi D^4}{32}$
1 2б	$2\frac{\pi D^2}{4}$	$\sqrt{\frac{2D^2}{16}}$	$\frac{D}{4}$	$5\frac{\pi D^4}{32}$	$\frac{\pi D^4}{32}$
VI 1 2	$3\frac{\pi D^2}{4}$	$\sqrt{\frac{J_x}{A}}$	$\sqrt{\frac{J_y}{A}}$	$2\left[\frac{\pi D^4}{64} + \frac{\pi D^2}{4} * \frac{D^2}{4}\right] + \frac{\pi D^4}{32}$	$\frac{\pi D^4}{32} + 2 * \frac{\pi D^2}{4} * (R * 0.73)^2 + \frac{\pi D^4}{64} + \frac{\pi D^2}{4} * R^2$
VII 1 2	$4\frac{\pi D^2}{4}$	$\sqrt{\frac{J_x}{A}}$	$\sqrt{\frac{J_y}{A}}$	$4\left[\frac{\pi D^4}{64} + \frac{\pi D^2}{4} * \frac{D^2}{4}\right]$	$4\left[\frac{\pi D^4}{64} + \frac{\pi D^2}{4} * \frac{D^2}{4}\right]$
VIII 1 2	$4A_4$	$\sqrt{\frac{J_x}{A}}$	$\sqrt{\frac{J_y}{A}}$	$4[J_{x_1} + A_4(B - y_c)^2]$	$4[J_{x_1} + A_4(B - y_c)^2]$

Окончание табл. 1

Номер сечения	Площадь сечения $A, \text{см}^2$	Радиус инерции		Осевой момент инерции	
		$I_x, \text{см}$	$I_y, \text{см}$	$I_x, \text{см}^4$	$I_y, \text{см}^4$
IV 1	$\frac{\pi D^2}{4}$	-	-	-	-
2					

Примечание. Обозначение в варианте арабской цифрой 1 означает, что мачта деревянная, а 2 – стальная.

Таблица 2

Коэффициенты φ продольного изгиба центрально-сжатых элементов

Материал λ	Сталь В Ст 3	Древесина (сосна, ель)
0	1,00	1,00
10	0,988	0,992
20	0,967	0,968
30	0,939	0,928
40	0,906	0,872
50	0,869	0,800
60	0,827	0,712
70	0,782	0,612
80	0,734	0,469
90	0,665	0,370
100	0,599	0,300
110	0,537	0,248
120	0,479	0,208
130	0,425	0,178
140	0,376	0,153
150	0,328	0,133
160	0,290	0,117
170	0,259	0,104
180	0,233	0,093
190	0,210	0,083
200	0,191	0,075
210	0,174	0,068
220	0,160	0,062

